Número 22
Julio 1978

INVESTIGACION Y
CIENCIA
Edición en español de SCIENTIFIC AMERICAN

EDITA Prensa Científica, S.A.
Calabria, 235-239
Barcelona-29
ESPAÑA

Colaboradores de este número:

Asesoramiento y traducción:

Josep Rucabado: *Armas de radiación intensiva;* Miquel Gich: *Cuando el mar Negro se desecaba;* Manuel Puigcerver: *La radiación cósmica de fondo y el nuevo movimiento del éter;* Joandomènec Ros: *El sistema de apareamiento de lek del gallo de las artemisas;* José Manuel García de la Mora: *El principio de adyacencia en la percepción visual;* Monique Robert: *Uniones intercelulares;* Antonio Blanco: *Tecnología hidráulica romana;* Luis Bou; *Juegos matemáticos;* José E. Myro y Alicia Menéndez: *Taller y laboratorio.*

Ciencia y sociedad:
C. Rodríguez Barrueco.

Libros:
Enrique Gadea y Philip Morrison.



LA PORTADA

La ilustración de la cubierta muestra a un macho de gallo de las artemisas exhibiéndose en su territorio de reproducción en Wyoming, a principios de primavera. El macho se encuentra en el estadio llamado pavoneo de una exhibición repetitiva de tres segundos; su saco esofágico hinchado, que se halla bajo los dos abultamientos prominentes de piel desnuda, está a punto de contraerse y de producir un sonido similar al chasquido que se origina al descorchar una botella. Cuando el macho de gallo de las artemisas se pavonea en presencia de posibles compañeras, puede exhibirse más de 30 veces durante seis minutos (véase "El sistema de apareamiento de lek del gallo de las artemisas", de R. Haven Wiley, Jr., en este mismo número).

Suscripciones:

Prensa Científica, S.A.
Departamento de suscripciones
Calabria 235-239
Barcelona-29 (España)
Teléfono 322 05 51 ext. 41

Distribución para España:

Distribuciones de Enlace, S.A.
Ausias March, 49
Barcelona-10 (España)

Distribución para los restantes países:

Editorial Labor, S.A.
Calabria, 235-239
Barcelona-29 (España)

Precio de venta de este número:
España: 170 pesetas
Extranjero: 2 U.S. $

Condiciones de suscripción:
España:
Un año (12 números): 1870 pesetas
Extranjero:
Un año (12 números): 30 U.S. $

Ejemplar atrasado ordinario:
190 pesetas

Ejemplar atrasado extraordinario:
270 pesetas.

Difusión controlada por OJD

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Dibujo de la portada de Enid Kotschnig

Página	Fuente	Página	Fuente
5-8	Ilil Arbel	76	Barbara E. Hull
9	Sovfoto	78	Patricia J. Wynne
10	Ilil Arbel	79	Barbara E. Hull *(arriba),* L. Andrew Staehelin *(centro),* Daniel S. Fripnd *(abajo)*
14	National Aeronautics and Space Administration	80	Patricia J. Wynne
16-20	Bunji Tagawa	81	Lelio Orci
21	Kenneth J. Hsü	82	Barbara E. Hull *(arriba),* Patricia J. Wynne *(abajo)*
22-23	Bunji Tagawa	83	Camillo Peracchia *(arriba);* Barbara E. Hull *(centro); The Journal of Cell Biology,* Rockefeller University Press *(abajo)*
24	Kenneth J. Hsü *(arriba),*	84-86	Patricia J. Wynne
25-26	Bunji Tagawa *(abajo)*	89	Norman Smith
28	Lawrence Berkeley Laboratory, Universidad de California	90-92	Tom Prentiss
29-38	Gabor Kiss	93	Norman Smijh
45-49	L. Cornudella y A. Sellés	94-95	Tom Prentiss
50	Collier's	97-100	Jerome Kuhl
51	L. Cornudella	102	Design Photographers International, Inc.
52	L. Cornudella y A. Sellés	103-107	Michael Goodman
55	R. Haven Wiley, Jr.		
56-59	Alan D. Iselin		
60-61	R. Haven Wiley, Jr.		
62-63	Alan D. Iselin		
67	Jon Brenneis		
68-74	Ilil Arbel		

Los autores

FRED M. KAPLAN ("Armas de radiación intensiva") participa en el proyecto sobre control de armamento en el Centro de Estudios Internacionales del Instituto de Tecnología de Massachusetts. Estudió en Oberlin College, en donde se licenció con las máximas calificaciones en 1976. Durante los veranos de 1975 a 1977 investigó en cuestiones de defensa en la Carnegie Endowment for International Peace, en el Military Audit Project y en el Instituto de Estudios Políticos norteamericano. Kaplan ha escrito artículos y colaboraciones sobre política estadounidense y rusa de defensa en varias publicaciones periódicas.

KENNETH J. HSU ("Cuando el mar Negro se desecaba") dirige el Instituto Geológico del Politénico federal de Zurich. Nació en Nankin y realizó sus estudios en la Universidad central de China. En 1948 se trasladó a Estados Unidos para continuar sus estudios de geología en la Universidad estatal de Ohio y en la Universidad de California en Los Angeles. Después de haber trabajado para la Shell y haber enseñado en la Universidad estatal de Nueva York y en la de California en Riverside, pasó al Politécnico suizo. en 1967. Desde entonces se ha dedicado primordialmente al estudio de los sedimentos marinos. Hsü desempeñó el cargo de codirector científico en dos expediciones al Mediterráneo con el Deep Sea Drilling Project y, en 1975, se ocupó de los problemas sedimentológicos del *Glomar Challenger* en una expedición al mar Negro.

RICHARD A. MULLER ("La radiación cósmica de fondo y el nuevo movimiento del éter") es físico investigador asociado en el Laboratorio de Ciencias del Espacio de la Universidad de California en Berkeley y en el Laboratorio Lawrence de la misma. Estudió en las Universidades de Columbia y Berkeley, donde obtuvo su doctorado en Física de partículas elementales en 1969. Desde entonces, sus variados intereses en investigación han incluido (aparte de las mediciones de la radiación cósmica de fondo descritas en este artículo) la puesta a punto de un espejo de telescopio que automáticamente compensa la distorsión atmosférica, la búsqueda de quarks con carga unidad y el desarrollo de una nueva técnica de datación mediante isótopos radiactivos.

L. CORNUDELLA ("El nucleosoma") es investigador en el departamento de química macromolecular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Barcelona. Cursó la licenciatura de ciencias químicas en la facultad de ciencias de la Universidad de Barcelona, donde se especializó en bioquímica y obtuvo el grado de doctor en 1969. Un año más tarde se desplazó a los Estados Unidos mediante una beca postdoctoral concedida por la fundación Juan March, para trabajar en el laboratorio de biología celular del Kimball Research Institute de Nueva York bajo la dirección del profesor A. O. Pogo. Durante su permanencia en dicho laboratorio, su labor investigadora se dirigió hacia el estudio de la biogénesis de las moléculas informacionales y de los mecanismos que regulan el transporte de la información genética en células eucariotas. De regreso a España en 1973 ingresó en el CSIC. Su centro de interés lo constituye el estudio de la organización estructural de la cromatina en organismos superiores y el aislamiento y caracterización de mensajes genéticos específicos en células germinales en proceso de diferenciación.

R. HAVEN WILEY, JR. ("El sistema de apareamiento de lek del gallo de las artemisas") es profesor asociado de zoología en la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill. Estudió en el Harvard College y obtuvo su doctorado en comportamiento animal por la Universidad Rockefeller en 1970. Después de un año de postdoctorado en Rockefeller se incorporó a la facultad en Chapel Hill, donde dirige hoy la Behavioral Research Station del Jardín Botánico de Carolina del Norte. Los campos de investigación de Wiley, además del sistema de apareamiento de lek en el gallo de las artemisas, son las adaptaciones ecológicas de la estructura social de estorninos y chochines, los sistemas de comunicaciones acústicas de las aves y el comportamiento que regula el control de las relaciones espaciales en las sociedades animales.

WALTER C. GOGEL ("El principio de adyacencia en la percepción visual") es profesor de psicología en la Universidad de California en Santa Bárbara. Estudió física en el Marietta College y se especializó en psicología experimental, en la Universidad de Chicago, bajo la dirección de Eckhard H. Hess. Doctorado en 1951, dedicó los 14 años siguientes a investigar sobre la percepción espacial en el U.S. Army Medical Research Laboratory de Fort Knox y en el Civil Aeromedical Research Institute de Oklahoma City. Entró a formar parte del claustro universitario de Santa Bárbara en 1965.

L. ANDREW STAEHELIN y BARBARA E. HULL ("Uniones intercelulares") son ambos biólogos celulares interesados en la estructura y función de las membranas biológicas. Staehelin es profesor adjunto en la Universidad de Colorado en Boulder. Nació en Australia, realizó sus estudios secundarios en Suiza y se doctoró en el politécnico helvético en 1966. Durante los tres años siguientes, estuvo trabajando en el Departamento de Investigación Científica y Técnica de Nueva Zelanda en torno a la estructura de la pared celular vegetal, trasladándose a los Estados Unidos en 1969 para ocupar una plaza de becario de investigación en el laboratorio de Keith R. Porter, en Harvard. Al año siguiente, se pasó, junto con Porter, al recientemente creado departamente de biología molecular, celular y del desarrollo de la Universidad de Colorado. Desde entonces, las investigaciones de Staehelin se han centrado sobre las uniones que coordinan las actividades celulares de los tejidos y sobre la estructura de las membranas fotosintéticas. Staehelin se halla actualmente disfrutando de un año sabático de licencia en la universidad de Friburgo en Alemania Federal. Hull es adjunto de investigación en la sección de biología celular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Yale. Cursó sus estudios en el Smith College y posteriormente en la Universidad de Colorado, donde realizó trabajos de investigación en el laboratorio de Staehelin, doctorándose en 1976.

NORMAN SMITH ("Tecnología hidráulica romana") explica historia de la tecnología en el Imperial College of Science and Technology, de Londres. Nacido en Southampton, estudió en la Universidad de Bristol, donde recibió el grado de doctor en ingeniería civil, en 1962. Después enseñó ingeniería en la Universidad de Canterbury, en Nueva Zelanda; pasó al Imperial College en 1965. Su reciente labor de investigación se ha centrado en la historia de la construcción de presas y evolución de la tecnología hidráulica, tema sobre el que ha escrito tres libros. Cuando no se ocupa de escribir o de enseñar, combina el trabajo de campo histórico con los viajes y la fotografía.

Armas de radiación intensiva

La nueva arma nuclear táctica norteamericana, ampliamente conocida por "bomba de neutrones", tiene una utilidad militar dudosa. Y, lo que es más importante, su uso en una guerra en Europa conduciría a una guerra completamente nuclear

Fred M. Kaplan

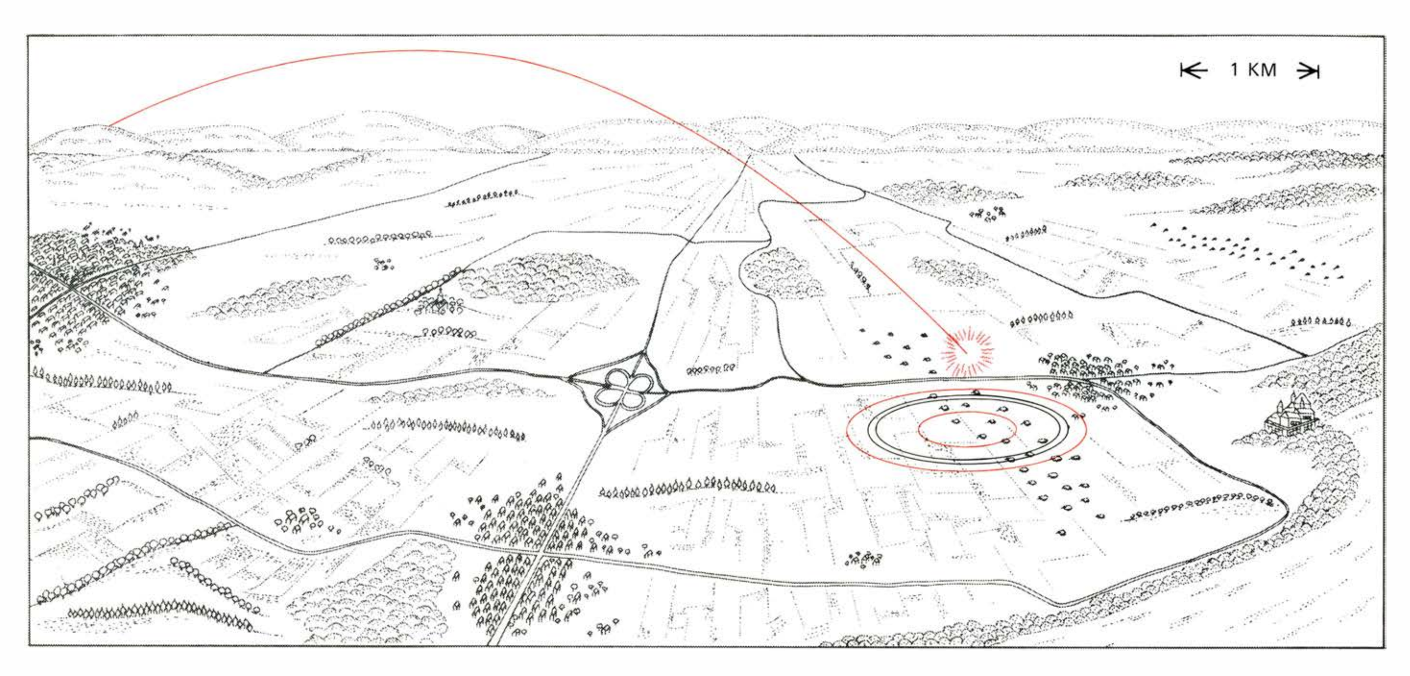
La bomba de radiación intensiva (o, como amplia y un tanto erróneamente se la conoce, la bomba de neutrones) constituye el más reciente desarrollo de la investigación militar norteamericana para disponer de un arma nuclear más utilizable y más "limpia". Este nuevo tipo de bomba, algunas de cuyas versiones podrían estar terminadas en 1979, se ha diseñado para matar más tropas enemigas por kilotón de potencia explosiva detonada sobre el campo de batalla que los tipos de armas nucleares corrientemente desarrollados para tal propósito, minimizando simultáneamente los daños colaterales, o no intencionados, a los edificios, al territorio, a las tropas aliadas y a los civiles que se encuentren en los alrededores.

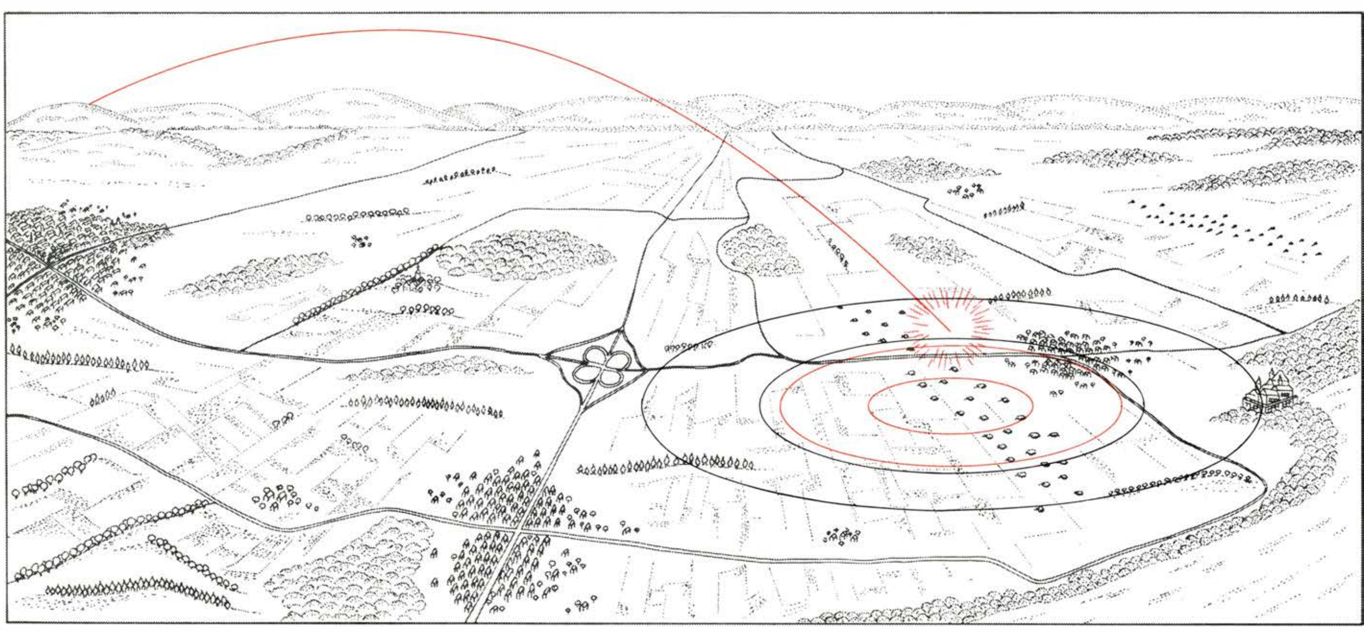
Muchos militares sostienen que mediante el uso de tales bombas de radiación intensiva, más precisas y refinadas, la "guerra nuclear limitada" podría quedar efectivamente limitada, y su efecto, confinado prácticamente al campo de batalla. Al igual que la generación de armas nucleares tácticas que la precedió, piensa utilizarse la bomba de radiación intensiva en una posible guerra en territorio europeo entre las naciones de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), incluyendo a los Estados Unidos, y las naciones del Pacto de Varsovia, comprendida la Unión Soviética. El presupuesto militar de la Administración Carter para el año fiscal 1979 destina un monto de gastos sin precedentes a las fuerzas norteamericanas preparadas para una eventual guerra europea. Por tanto, la nueva arma nuclear táctica merece un debate detallado, habida cuenta de la extraordinaria publicidad concedida al arma y el desconcierto generalizado en torno a dicho tema. ¿Cómo se concibió el arma? ¿Cómo funciona? ¿Cuáles son sus efectos? ¿Cuál su utilidad militar? ¿Debe producirse y desarrollarse?

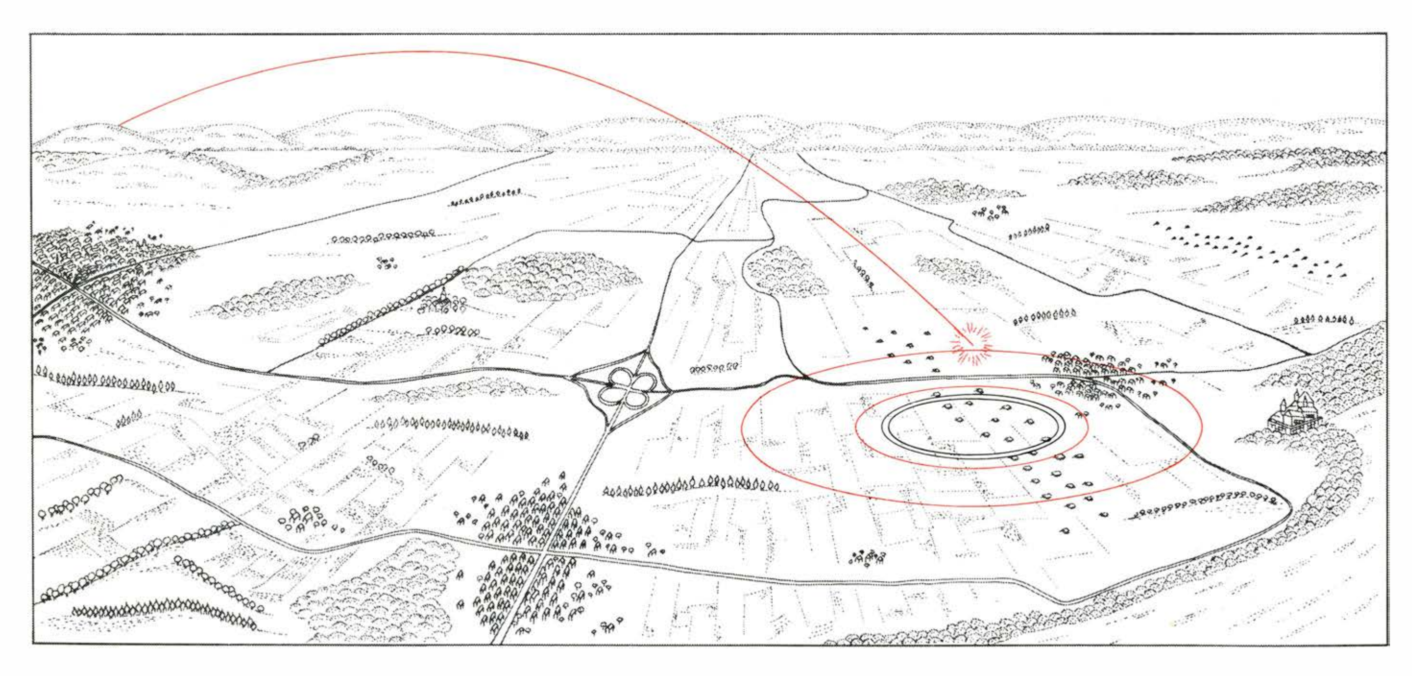
Importa destacar, desde un principio, que la idea de una bomba de neutrones no es nada nuevo. La posibilidad de desarrollar un arma nuclear táctica de este tipo fue conocida poco después de la invención de la bomba de hidrógeno o de fusión, en las postrimerías de la década 1940-1949. Varios científicos, dedicados a la investigación de armas nucleares, principalmente en el Lawrence Livermore Laboratory, desarrollaron la noción de un arma de radiación intensiva a lo largo de las dos décadas siguientes, y haciendo fuerza con otras personas presionaron políticamente para el posterior desarrollo y despliegue del artefacto.

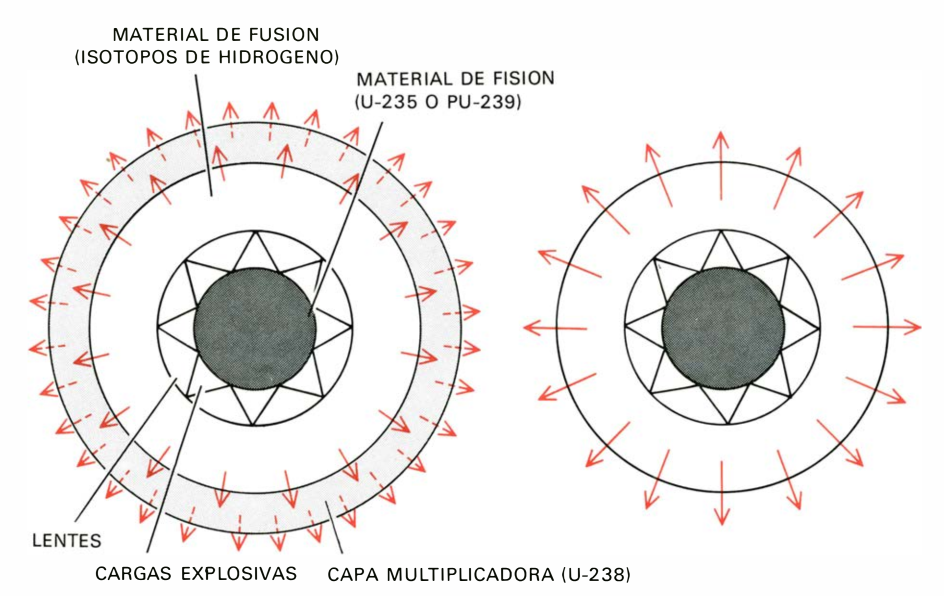
Sin embargo, hasta principios de los años 60 el Secretario de Defensa Robert S. McNamara no ordenó un estudio global sobre las perspectivas de las armas nucleares tácticas. En base a este estudio, y a varias maniobras de simulación de guerra, llegó a la conclusión de que una guerra nuclear en el escenario europeo constituiría una batalla perdida por ambos lados. Millones de civiles morirían, y el uso de tales armas no significaría necesariamente una superioridad de la OTAN en una guerra europea. Las armas nucleares tácticas, lejos de sustituir a los combatientes y a la potencia de fuego convencional, requerían mayores contingentes de tropa, de forma que los soldados de la OTAN muertos por la respuesta nuclear de la Unión Soviética fueran rápidamente reemplazados. Se dedujo finalmente que si las fuerzas del Pacto de Varsovia movilizaran las tropas en el frente según el estilo escalón que tienen previsto y si las fuerzas de la OTAN

ALGUNOS EFECTOS de tres tipos diferentes de bombas nucleares tácticas quedan de manifiesto en las escenas convencionales de la página opuesta. En los tres casos, la acción se desarrolla en una zona semirrural de Alemania Occidental, en donde los oficiales de la Organización del Tratado del Atlántico Norte prevén una invasión por las fuerzas de las naciones del Pacto de Varsovia. Cada saliente de esta ofensiva estaría conducido presumiblemente por una fuerza de ataque fomada por centenares de tanques rusos, que se supone se desplazarían en dos o tres escalones, en el primero de los cuales los tanques estarían separados por una distancia de 75 a 100 metros, aproximadamente. Justo a la derecha de la parte central de cada escena figura un escalón de este tipo; a tres kilómetros detrás del primero, en la parte superior derecha, sigue un segundo escalón. En los tres casos, fuerzas de la OTAN situadas a unos 130 kilómetros han lanzado un misil Lance provisto de una cabeza nuclear táctica contra el primer escalón de tanques rusos. La escena superior muestra los efectos explosivos y térmicos estimados *(en negro)* y los efectos de las radiaciones iniciales *(en color)* de una bomba nuclear de fisión, de una potencia explosiva de un kilotón, detonada sobre el objetivo a una altura de 500 metros. La ilustración central y la inferior muestran, respectivamente, los efectos correspondientes de una bomba de fisión de 10 kilotones y de una bomba de fisión-fusión de radiación intensiva (la bomba de neutrones) de un kilotón. En los tres casos, el círculo negro interior delimita la zona dañada por los efectos explosivos, en la cual la onda de choque alcanza una sobrepresión de 350 gramos por centímetro cuadrado, suficiente para destruir la mayoría de los edificios. El círculo negro exterior corresponde al área en donde la radiación térmica es suficiente para causar quemaduras de segundo grado a las personas que no lleven protección externa. El círculo interior de color indica el límite de la zona expuesta a un mínimo de 8000 rads de radiación inicial (principalmente neutrones) suficiente para causar una "incapacitación permanente inmediata" a los soldados o, en el caso de suponer una protección corriente en los tanques, una "incapacitación temporal inmediata" a los conductores. El círculo exterior de color corresponde a una dosis de radiación inicial de 150 rads, suficiente para matar alrededor del 10 por ciento de las personas expuestas y provocar una alta incidencia de cáncer en los sobrevivientes. La escala se indica en la parte superior derecha de la primera figura. En esta representación gráfica esquematizada no se han considerado los efectos de la radiación residual (lluvia radiactiva).


1 KM







DOS TIPOS DE BOMBA FISION-FUSION, confrontados esquemáticamente. En ambos casos, un conjunto de cargas explosivas químicas constituye el detonante de la bomba, provocando las reacciones de fisión en su núcleo, las cuales a su vez constituyen el detonante para las reacciones de fusión que tienen lugar en una capa envolvente. El dispositivo normal de fisión-fusión *(izquierda)* **está recubierto por una capa adicional de uranio 238, isótopo no fisionable, que aumenta considerablemente la potencia explosiva de la bomba al capturar la mayoría de los neutrones rápidos** *(flechas continuas en color)* **emitidos en el proceso de fusión. Los núcleos de U-238 se fisionan luego emitiendo gran cantidad de neutrones "térmicos"** *(flechas discontinuas en color)*. **La mayoría de las armas nucleares estratégicas se basan en este concepto. La bomba de radiación intensiva** *(derecha)* **elimina la capa de U-238. De este modo, está bomba libera una mayor proporción de neutrones rápidos a expensas de su potencia explosiva. Los neutrones lentos quedan capturados por los núcleos atómicos en la atmósfera, mucho más rápidamente que los neutrones rápidos. La bomba de radiación intensiva produce muchos más neutrones que la bomba de fisión-fusión normal.**

continuaran con sustituciones individuales dentro de la estructura actual de divisiones, una guerra nuclear en Europa probablemente favorecería a la Unión Soviética y a sus aliados, incluso en el caso de que la OTAN poseyera más y "mejores" armas nucleares.

Además, se consideró muy elevado el riesgo de escalada hacia una guerra nuclear estratégica completa, entre los Estados Unidos y la Unión Soviética, como consecuencia de esta estrategia; y ello básicamente por dos razones. En primer lugar, porque la frontera entre guerra nuclear y guerra convencional estaba clara en aquel momento; el obstaculizar la distinción entre guerra nuclear táctica y estratégica hubiera creado una ambigüedad considerable, pudiendo conducir a recelos mutuos, a tensiones y, posiblemente, a impactos nucleares estratégicos de carácter preventivo. En segundo lugar, la Unión Soviética tenía muchos misiles balísticos de alcance intermedio (IRBM) con cabezas nucleares emplazados en su territorio, algunos de los cuales en las mismas zonas que las ocupadas por los misiles balísticos intercontinentales (ICBM); en los primeros estadios de una hipotética guerra nuclear europea, la OTAN se vería fuertemente inducida a destruir, en prevención, los IRBM instalados en territorio soviético, desencadenando posiblemente un enfrentamiento nuclear estratégico entre las dos superpotencias.

Después de ponderar estas consideraciones, McNamara se inclinó por una política de aumento de las capacidades de combate convencional, o no nuclear, y cortó el suministro de fondos para una nueva generación de armas nucleares tácticas. (No obstante, aceptó el misil Lance con cabeza nuclear, a causa de su mayor alcance y su consiguiente menor vulnerabilidad.) Durante el tiempo en que Melvin R. Laird ocupó la Secretaría de Defensa se destinó más dinero al desarrollo de una nueva generación de armas nucleares tácticas, pero esencialmente prevaleció la actitud negativa hacia la modernización de estas armas hasta que James R. Schlesinger fue nombrado Secretario en 1973.

Schlesinger, durante el desempeño de su cargo anterior como Presidente de la Comisión de Energía Atómica, mostró un entusiasmo considerable hacia las armas nucleares tácticas. Sin embargo, al llegar a la Secretaría de Defensa, su interés parecía haber disminuido. El mismo se sintió obligado, al parecer, a hacer algunas concesiones a los defensores de las armas nucleares tácticas, que formaban un conjunto de intereses convergentes constituido por la Comisión de Energía Atómica, el Comité del Congreso sobre Energía Atómica, los laboratorios de armamento, determinados departamentos militares y la División de Energía Atómica de la Secretaría de Defensa. Schlesinger, que tenía poco poder de negociación en la Casa Blanca durante las Administraciones Nixon y Ford, tuvo que dirigir su propia y compleja coalición. Para ganar el apoyo de estos grupos desiguales hacia sus planes de incrementar las fuerzas convencionales de la OTAN, les proporcionó fondos destinados a la modernización de las armas nucleares tácticas.

La coalición en favor de un programa de modernización de las armas nucleares tácticas fue activamente estimulada por el propio empeño de Schlesinger en aumentar el abanico de "opciones" de los Estados Unidos en la planificación de la fuerza nuclear. Gracias en parte a las nuevas tecnologías, tales como los sistemas de guía inercial de gran precisión para misiles, Schlesinger programó de nuevo las armas nucleares estratégicas a fin de dotarlas de mayor "flexibilidad" y de mayor capacidad de "impactos selectivos", creando nuevos "paquetes de objetivos" que fueran bastante más diversificados que los disponibles por los planificadores de defensa de la década anterior. Junto con la expansión de las opciones estratégicas, ordenó un aumento de las opciones disponibles de lucha en una guerra nuclear en Europa. Este nuevo refuerzo apareció como el apoyo oficial a los militares que habían empezado a pensar seriamente en la posibilidad de combatir y ganar una guerra nuclear limitada y en la necesidad, bajo tales circunstancias, de limitar los daños colaterales.

Entretanto, el desarrollo del sistema de misiles antibalísticos Sprint (ABM) en Los Alamos Scientific Laboratory, a mediados de la década 1960-69, y la subsiguiente declaración sobre la producción futura de ABM impuesta por el tratado SALT I de 1972, hizo pensar a algunos científicos del laboratorio de armamento en reducir la potencia de las cabezas nucleares Sprint para adaptarlas a las armas nucleares tácticas. (Los misiles Sprint antimisiles, de corto alcance, dotados de carga nuclear, están diseñados para explosionar en la atmósfera y su eficacia depende más de los neutrones liberados que de los rayos X.) Todos estos intereses diversos –de los servicios militares, de los laboratorios

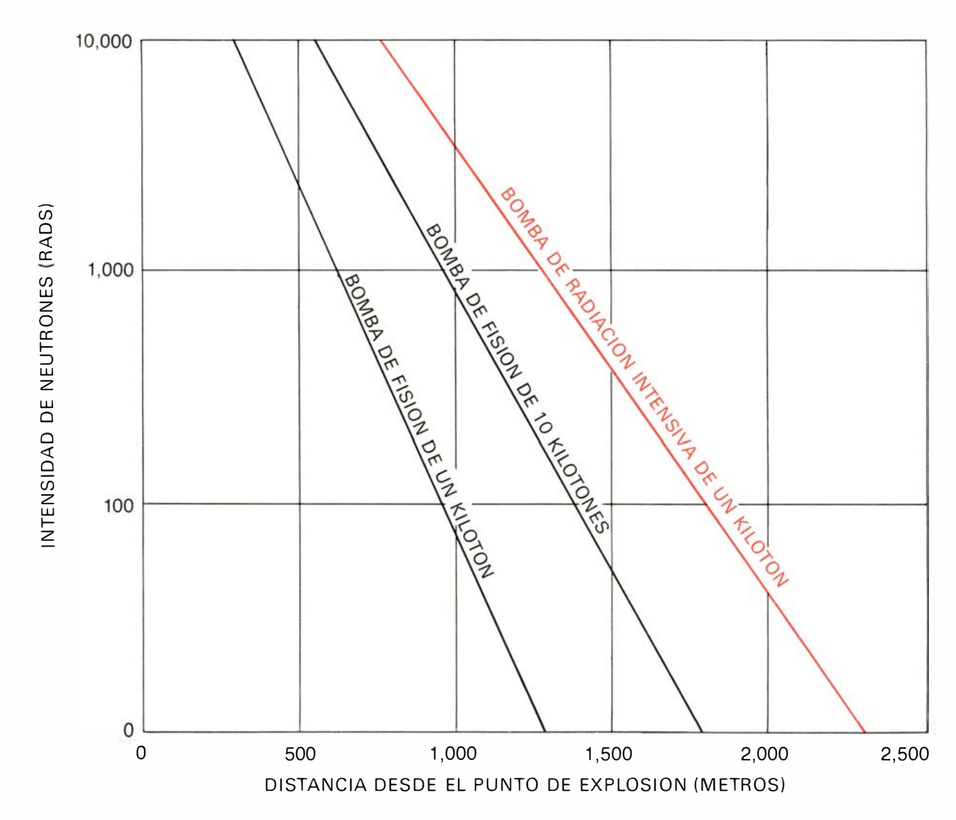
de armamento, de los comités del Congreso y del Departamento de Defensa-convergieron hasta configurar la presente situación.

Las actuales cabezas nucleares de radiación intensiva se han desarrollado para el misil Lance y para el proyectil de artillería de ocho pulgadas (203,20 milímetros). También está en proyecto una cabeza nuclear de radiación intensiva para el proyectil de artillería de 155 milímetros, aunque todavía se encuentra en las primeras etapas de desarrollo. (Una de estas bombas, por lo menos, probablemente la destinada al Lance, ha sido ya experimentada en una prueba subterránea cerca de Las Vegas.) Las cabezas nucleares corrientemente emplazadas para el Lance tienen un rango de potencia explosiva que abarca desde un kilotón hasta 100 kilotones; las cargas de artillería nuclear de ocho pulgadas varían desde 5 hasta 10 kilotones. La nueva versión en radiación intensiva para el Lance tendrá dos potencias, que podrán prefijarse simplemente apretando unos botones: una potencia considerablemente inferior a un kilotón y la otra ligeramente superior a un kilotón. El proyectil de artillería nuclear de ocho pulgadas tendrá tres potencias, que variarán desde una muy inferior a un kilotón hasta aproximadamente dos kilotones.

Los efectos de una explosión nuclear consisten en el daño producido por la mera explosión (una onda de choque de sobrepresión), por la radiación térmica (calor), por la radiación instantánea (la mayor parte neutrones y rayos gamma) y la radiación residual (la radiactividad que procede de la lluvia de productos de fisión). La energía liberada por una explosión por fisión se divide en varias fracciones; en números redondos: 50 por ciento en onda de choque, 35 por ciento en radiación térmica, 5 por ciento en radiación instantánea y 10 por ciento en radiación residual. En una hipotética bomba de fusión pura, los efectos serían: 20 por ciento en onda de choque o radiación térmica, 80 por ciento en radiación instantánea (la mayor parte neutrones) y relativamente poca radiación residual (la cantidad exacta depende de las características del suelo que alcanza la explosión). La reacción de fusión que tiene lugar entre los iones de deuterio y de tritio (dos isótopos pesados del hidrógeno) viene acompañada por la liberación de neutrones rápidos o de muy alta energía. La energía de estos neutrones es de unos 14 millones de electrón voltios (MeV), muy superior a los neutrones ya bastante rápidos de 2 MeV liberados en una reacción de fisión típica. Los neutrones se ven enlentecidos y, con el tiempo, capturados por los residuos de la propia bomba, por otros objetos que encuentra en su recorrido y por el aire. Cuanto más rápidos sean, tantas más colisiones sufrirán antes de su total captura. Además, la fusión produce 10 veces más neutrones por kilotón de potencia explosiva que la fisión. Así, los neutrones producidos por una bomba de fusión tienen mayor intensidad de radiación, y alcanzan mayores distancias antes de ser absorbidos, que los producidos por una bomba de fisión.

La actual bomba de radiación intensiva es una bomba de fisión-fusión. La proporción fisión-fusión no es exactamente la misma entre la cabeza para el Lance y la cabeza para la artillería de ocho pulgadas, pero el proceso de detonación es el mismo en ambos artefactos. En el proceso de detonación del arma, la reacción de fisión constituye el detonante para la reacción de fusión, la cual libera muchos neutrones rápidos. Esta es la razón por la que suele denominarse bomba de neutrones a la bomba de radiación intensiva. Tal apelativo es correcto, toda vez que la bomba de radiación intensiva libera muchos más neutrones que otras bombas de potencia equivalente. Pero se olvida que, en la detonación de esta bomba, se libera también gran cantidad de energía bajo otras formas. (De hecho, toda bomba nuclear inferior a dos kilotones puede llamarse bomba de neutrones, en el sentido de que en la zona correspondiente al radio letal de la bomba, aun cuando se tratara de una bomba de fisión pura, la energía liberada en forma de radiación instantánea es mayor que la radiación térmica y la onda de choque, y que la radiación instantánea en forma de neutrones es superior a la radiación instantánea en forma de rayos gamma. Si tal bomba explotara en el aire a una altura de varios centenares de metros, sus efectos explosivos y térmicos en el suelo serían ligeros, aunque el daño causado por los neutrones seguiría siendo muy importante.)

La bomba de radiación intensiva está lejos de ser una bomba de fusión pura. Si nos atenemos a su potencia explosiva, las bombas de radiación intensiva de hasta un kilotón para la artillería de ocho pulgadas serían de un 50 por ciento de fisión y otro 50 por ciento de fusión. La versión de radiación intensiva para el



NEUTRONES EMITIDOS por tres tipos de armas nucleares tácticas representados en función de la distancia al punto en el que se ha producido la explosión. Las dos curvas en negro dan la intensidad de neutrones para una bomba de fisión de un kilotón y otra de 10 kilotones. La curva en color representa la intensidad para una bomba de radiación intensiva de fisión-fusión (bomba de neutrones) de un kilotón.

Lance es, aproximadamente, de 60 por ciento de fusión y un 40 por ciento de fisión. La bomba de radiación intensiva de 2 kilotones para la artillería de ocho pulgadas es de 70 a 75 por ciento de fusión. La energía liberada por las bombas de radiación intensiva para el Lance y para la artillería de ocho pulgadas de menor protencia se distribuye, en números redondos, de la siguiente forma: 40 por ciento en onda de choque, 25 por ciento en radiación térmica, 30 por ciento en radiación instantánea y 5 por ciento en lluvia radiactiva. Las bombas de radiación intensiva para la artillería de ocho pulgadas de mayor potencia producen cerca del 10 por ciento más de radiación instantánea y ligeramente menos en onda de choque, radiación térmica y radiación residual. Con otras palabras, la bomba de radiación intensiva no promete ser ni el arma libre de efectos colaterales que sus entusiastas afirman, ni el "arma capitalista final" (que destruye sólo a las personas pero no la propiedad), como teme mucha gente de los grupos para la paz.

La distinción fundamental entre la bomba de radiación intensiva y las otras armas nucleares de baja potencia dotadas de una proporción de fisión mayor estriba en que la primera libera muchos más neutrones y a una velocidad mucho mayor. La energía liberada por las bombas de radiación intensiva para el Lance y para la artillería de ocho pulgadas de poca potencia, en forma de radiación instantánea, es seis veces superior a la de las bombas de fisión de potencia equivalente, llegando a 10 en las bombas de radiación intensiva de mayor potencia para la artillería de ocho pulgadas.

Existe otra distinción, aparte del número de kilotones, entre las bombas de radiación intensiva y las de fisión-fusión de mayor potencia. Las de fisión-fusión normales (entre las que se cuentan la mayoría de las bombas nucleares estratégicas) están recubiertas por una "capa" de uranio 238 que incrementa la potencia explosiva del arma: la capa captura o frena considerablemente los neutrones rápidos liberados por el proceso de fusión. Puesto que las bombas de radiación intensiva pretenden conseguir potencias térmicas muy bajas y la liberación de muchos neutrones rápidos, no llevan la capa de U-238.

Entonces, ¿cuál se supone que debe ser la misión militar de las bombas de radiación intensiva? La mayor preocupación de muchos militares de la OTAN es la posibilidad de una invasión relámpago de las tropas del Pacto de Varsovia, dirigidas por Rusia, a través de las llanuras septentrionales de Alemania Occidental. La doctrina militar rusa y el despliegue de las fuerzas rusas sugieren que el lanzamiento de un ataque de este tipo involucraría el despliegue de miles de tanques como principio motor de la ofensiva. Para ciertos especialistas de estado mayor, un ataque de este tipo, especialmente si se realizara la movilización en un corto período de tiempo, no podría ser detenido por la OTAN sin el recurso a las armas nucleares. (Esta hipótesis ha sido acaloradamente discutida.) Durante varios años algunos oficiales de los Estados Unidos han criticado la "inviabilidad" de la mayoría de las armas nucleares estacionadas en los arsenales de Europa Occidental, poniendo particular atención en sus potencias relativamente elevadas, algunas de ellas muy superiores a los 20 kilotones que destruyeron gran parte de la ciudad de Nagasaki al final de la Segunda Guerra Mundial. Tales armas de alta potencia serían efectivas para detener a los tanques rusos, pero también podrían matar o herir gravemente a muchos soldados de la OTAN, a muchos civiles alemanes, además de devastar extensos territorios de Alemania Occidental. Por otro lado, los efectos de la radiación inducida y residual convertirían a la ocupación y recuperación del territorio afectado en un proyecto letal durante algún tiempo.

Con la bomba de radiación intensiva los militares encontraron una táctica diferente: matar a las tropas del Pacto de Varsovia dentro de los tanques, sin destruir las máquinas. Lo cual puede conseguirse, dicen, por el gran flujo de neutrones generado por las bombas de radiación intensiva.

Las dosis de radiación se miden en rads; un rad equivale a la dosis absorbida de radiación nuclear que acompaña a la liberación de 100 ergios de energía por gramo de material irradiado. Para

	NOMBRE DEL SISTEMA PROPULSOR	NUMERO DE CABEZAS EN EUROPA	POTENCIA EXPLOSIVA (KILOTONES)	ALCANCE MAXIMO (KM.)
OTAN	MISIL HONEST JOHN	196	20	40
	MISIL PERSHING	180	60-400	735
	MISIL LANCE	80	1-100	110
	MISIL SERGEANT	56	BAJA	135
	MISIL PLUTON	24	15-25	120
	MISIL SSBS-2	18	150	3000
	OBUS DE OCHO PULGADAS M-110	360	5-10	15
	OBUS DE OCHO PULGADAS M-115	27	5-10	15
	OBUS DE 155 MILIMETROS M-109	691	BAJA	15
	MISIL LANCE CON BRI	?	APROX. 1	135
	OBUS DE OCHO PULGADAS CON BRI	?	1-2	>15
	OBUS DE 155 MILIMETROS CON BRI	?	?	?
PACTO DE VARSOVIA	MISIL SS-4 SANDAL	500	1000	1900
	MISIL SS-5 SKEAN	100	1000	3700
	MISIL SS-20	20 (× 3)	?	4800
	MISIL SS-1b SCUD A	880 (SS-1b, SS-1c y SS-12)	?	80
	MISIL SS-1c SCUD B		?	290
	MISIL SS-12 SCALEBOARD		>1100	800
	MISIL FROG 3-7	650	?	70
	OBUS DE 203 MILIMETROS M-55	?	?	30

ARMAS NUCLEARES TACTICAS corrientemente desplegadas en Europa por los países de la OTAN (incluidos los Estados Unidos), y por los países del Pacto de Varsovia (comprendida la Unión Soviética); la comparación alcanza sólo a la tipografía en negro. En color se relacionan las nuevas armas de radiación intensiva propuestas por los Estados Unidos para el arsenal de la OTAN. La versión para radiación intensiva del misil Lance podría tener dos potencias, una algo inferior a un kilotón, y la otra ligeramente superior. La versión para radiación intensiva de la bomba para artillería de ocho pulgadas podría tener tres potencias explosivas, variando desde bastante menos de un kilotón hasta cerca de dos kilotones. El misil balístico de alcance intermedio (IRBM) ruso lleva tres cabezas nucleares que pueden dirigirse independientemente hacia sendos objetivos.



TANQUE RUSO DE COMBATE ABIERTO designado por T-62, fotografiado en una parada militar en la Plaza Roja de Moscú. Las fuerzas del Pacto de Varsovia tienen 20.000 carros pesados (la mayoría son de este tipo, pero existen también modelos más antiguos) en instalaciones europeas.

que las armas nucleares tácticas sean útiles en una guerra deben matar a sus víctimas lo más rápido posible. Una "incapacitación permanente inmediata" de acuerdo con pruebas recientes realizadas por el Gobierno de los Estados Unidos con monos rhesus, requiere 8000 rads. Puesto que los tanques modernos tienen un efecto protector de radiación de alrededor 0,5, éstos deben ser expuestos a 16.000 rads de radiación instantánea si se pretende alcanzar óptimamente los objetivos de la OTAN. No obstante, se ha revisado recientemente la doctrina militar de la OTAN para admitir que una "incapacitación temporal inmediata", que requiere sólo de 2500 a 3500 rads (o, si se tiene en cuenta la protección de los tanques, de 5000 a 7000 rads), puede ser suficiente a efectos militares para neutralizar la invasión.

Una persona expuesta a 8000 rads queda imposibilitada en cinco minutos y permanece inhábil para cualquier trabajo físico hasta su muerte, que deviene en uno o dos días. Una dosis de 3000 rads también incapacita en cinco minutos, pero la víctima puede recuperarse parcialmente a los 30 minutos, aunque está condenada a morir al cabo de cuatro o seis días. También puede sobrevivir y quedar incapacitado. (Esta incertidumbre tiene significativas implicaciones militares.) Una exposición a 650 rads deteriora funcionalmente un ser humano en dos horas, aunque puede responder a un tratamiento médico. Se parece a un doloroso y dilatado deterioro físico que terminará con la muerte en un par de semanas; ciertamente una horrible perspectiva, pero quizá suficiente plazo para que la víctima pueda seguir combatiendo durante algún tiempo.

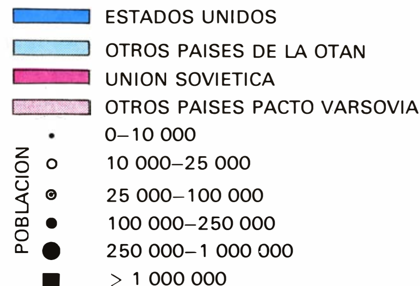
Estos resultados son consecuencia de los efectos ionizantes de los neutrones, que chocan con los protones en el interior de las células vivas. La ionización rompe los cromosomas, aumenta el núcleo celular y la viscosidad del fluido celular, refuerza la permeabilidad de la membrana de la célula y destruye células de todo tipo, particularmente las del sistema nervioso central. Además, la exposición a las radiaciones ionizantes demora o destruye el proceso de mitosis, efecto genético a largo plazo que inhibe la sustitución celular normal.

Las armas de radiación intensiva distribuyen una dosis dada de radiación sobre una superficie mayor que las bombas de fisión de potencia equivalente o incluso superior. Por ejemplo, una persona que se encuentra en el interior de un radio de 375 metros de una explosión de fisión de un kilotón (o de un radio de 630 metros de una explosión de fisión de 10 kilotones) estará expuesta a 8000 rads por lo menos. Pero si en vez de ello explosionara una bomba de radiación intensiva de un kilotón, el círculo de 8000 rads alcanzaría un radio de 850 metros. Así pues, una bomba de radiación intensiva de un kilotón puede matar potencialmente cerca del doble de conductores de tanques que una bomba de fisión de 10 kilotones, aunque el área devastada por la explosión alcanzaría sólo la quinta parte de su amplitud.

Desde la perspectiva de los oficiales de la OTAN, esta característica es obviamente el argumento principal a favor de la bomba de radiación intensiva. El punto clave es que la nueva arma puede reducir sustancialmente los perjuicios colaterales de una explosión nuclear, queriendo decir con esto que los efectos de la onda de choque, de la radiación térmica y de la lluvia radiactiva serán menos dominantes. Esto suena bien en un principio. No obstante, resulta erróneo pensar, como algunos de los defensores de la bomba parecen hacerlo, que con esta nueva generación de armas nucleares tácticas una guerra nuclear en territorio europeo podrá ahora ser manejada más segura y fácilmente de lo que en el pasado se creyó posible.

Con todo, una "guerra nuclear limitada" exige el consenso de las dos partes, y los rusos no parecen estar preparados ni dispuestos a llegar a un acuerdo de este tipo. Se cree que la mayoría de las 3500 bombas nucleares tácticas que tienen emplazadas contra objetivos europeos (en comparación con las 7000 de la OTAN), poseen una potencia superior a los 20 kilotones, y cerca de 600 misiles rusos tienen una potencia comprendida entre los 500 kilotones y tres megatones. Los proyectiles nucleares tácticos de las naciones del Pacto de Varsovia carecen de la precisión de los de la OTAN, lo cual hace difícil sino imposible llevar a cabo con éxito una táctica de impactos selectivos, necesaria para una estrategia eficaz de daños limitados. La doctrina militar rusa no parece reconocer ninguna fina distinción entre los tipos diferentes de

guerra nuclear táctica, como hacen a menudo los militares del estado mayor norteamericano. Verdaderamente, la mayoría de los manuales rusos al respecto dan por sentado la inevitabilidad de la escalada, y no hacen distinción entre una guerra nuclear táctica y una guerra nuclear estratégica completa. Cuando tales artículos tratan de una guerra nuclear en territorio europeo, no mencionan prácticamente la determinación selectiva y altamente precisa de objetivos, sino es quizá para ridiculizarlos. Una barrera de fuego masivo que perfore amplios huecos en las defensas de la OTAN, seguida por una invasión con tanques pesados (cuya estructura y material de superficie proporcione una cierta protección contra los efectos nucleares), parece ser el tipo de misión previsto para las armas nucleares tác-



INVASION HIPOTETICA de Europa Occidental por las fuerzas de los países del Pacto de Varsovia. Las áreas en color sombreadas irregularmente muestran el despliegue aproximado de las fuerzas de la OTAN y las del Pacto de Varsovia en el día de la movilización *(véase la clave para el código de color de las áreas de despliegue).* **Las fuerzas serían redesplegadas entre el día de la movilización y el día D (el primer día de guerra). Las flechas indican las principales rutas de invasión que se consideran como más probables. Los tres ejes verosímiles de ataque coinciden con las autopistas principales. Un intento de las fuerzas de la OTAN para detener las divisiones armadas rusas que dirigen cada uno de estos ataques mediante el lanzamiento de bombas nucleares de radiación intensiva requeriría una barrera de fuego de centenares de bombas muy adentrada en la frontera de Alemania Occidental. A causa de la urbanización creciente de la región, un contraataque de este tipo podría matar a varios cientos de miles, e incluso varios millones, de civiles y combatientes de la OTAN (sin incluir las muertes que produciría la probable respuesta nuclear rusa y de las fuerzas del Pacto de Varsovia). La distribución de la población se indica por símbolos clave.**

ticas desde el punto de vista de la Unión Soviética.

Si la OTAN utilizara bombas de radiación intensiva contra los tanques del Pacto de Varsovia, los rusos responderían casi con toda certeza con sus propias armas nucleares. Tal como afirma un estudio de la inteligencia militar norteamericana sobre las operaciones militares rusas: "En caso de que el primer escalón [de tanques en una ofensiva] fracasara, seguiría una serie de contraataques coordinados con todas las unidades de combate hasta incluir... impactos nucleares". Los rusos no prestarían probablemente mucha atención a los daños colaterales que sufriera la población civil de Alemania Occidental; y aún cuando la prestaran, la alta potencia y la escasa precisión de sus armas les impediría actuar eficazmente para evitar tales efectos.

Es más, antes de la casi segura respuesta nuclear rusa, el daño causado por las bombas de radiación intensiva de la OTAN sería notable, a pesar de las supuestas limitaciones en la onda de choque, en la radiación térmica y en la lluvia radiactiva de cada bomba individual. El informe del Departamento de Defensa de los Estados Unidos establecía, para el año fiscal 1977, que si se utilizaran armas nucleares en Europa, tal acción "...debería inducir a la Unión Soviética a terminar rápidamente el conflicto... Debería realizarse con decisión y contundencia para conseguir que los soviéticos reconsideraran sus actividades". Para alcanzar tal contundencia, la OTAN debería hacer algo más que detener un pequeño número de tanques; se necesitará ciertamente mucho más destrucción para aportar un cuadro dramático a los dirigentes rusos.

¿Qué contundencia debería alcanzarse? Al empezar una ofensiva los tanques rusos se moverían en dos escalones (o en tres según las circunstancias). Los tanques del primer escalón irían separados unos 75 metros en las acciones no nucleares y 100 metros en las nucleares. El segundo escalón avanzaría a unos tres kilómetros de distancia del primero. El Pacto de Varsovia tiene unos 20.000 tanques desplegados en la región central de Europa, en donde tal vez podría ocurrir la primera batalla de la guerra OTAN/Pacto de Varsovia. Las afirmaciones de los oficiales del Ejército norteamericano de que la bomba de radiación intensiva produce pequeños daños colaterales tiene validez si se corresponde con una alta selectividad, incluso a nivel individual, de los impactos de las armas utilizadas. Con lo cual, si la OTAN quiere detener una fracción notable del primer escalón de tanques, es decir, si las armas de radiación intensiva deben ser útiles militarmente, la acción exigirá un bombardeo de muchos cientos e incluso miles de armas nucleares. Con suma probabilidad no sólo incluiría bombas de radiación intensiva de baja potencia, sino también bombas de fisión de baja y media potencia. En tales circunstancias caería mucha radiactividad en el suelo, especialmente si algunas de las bombas detonaran por accidente sobre o cerca de la superficie. En cualquier caso, el número de fatalidades y accidentes debidos a "espíritus caminantes" irradiados sería muy elevado, aunque la guerra nuclear se mantuviera en unos límites restringidos.

Las bombas de radiación intensiva pueden reducir el daño colateral causado por la onda de choque y la radiación térmica, pero los efectos causados por la radiación instantánea aumentarán. La exposición a la radiación, incluso en dosis relativamente pequeñas, puede tener graves consecuencias para los seres humanos, y las bombas de radiación intensiva incrementarían el área en la cual la gente recibiría dosis peligrosas. Por ejemplo, el 10 por ciento de la gente expuesta a 150 rads moriría de enfermedades derivadas de las radiaciones; (los sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki expuestos a 150 rads mostraron una extraordinariamente alta incidencia de cáncer de pecho). La exposición a sólo 30 rads dobla la tasa de mutaciones en los descendientes, y es de esperar la aparición de genes deficientes hasta dentro de 10 generaciones. Los habitantes de las islas Marshall que estuvieron expuestos a sólo 14 rads, a consecuencia de las pruebas nucleares de los Estados Unidos en 1954, sufrieron recientemente nódulos de tiroides, cáncer y leucemia.

Una bomba de radiación intensiva de un kilotón libera 150 rads a una distancia de 1,7 kilómetros, 30 rads a 2,1 kilómetros y 14 rads a 2,3 kilómetros. Hay que comparar estas distancias con 900, 1170 y 1300 metros, respectivamente, para una bomba de fisión de un kilotón, y con 1285, 1570 y 1700 metros para una bomba de fisión de 10 kilotones.

Los efectos colaterales de una bomba de radiación intensiva causados por la radiación instantánea podrían ser incluso mayores. Se cree que para la radiación de los rayos gamma existe un umbral por debajo del cual no se producen daños biológicos, umbral que no se acepta para la radiación de neutrones. Además, si atendemos a los daños genéticos, leucemia y cataratas, los efectos biológicos de los neutrones son cerca de seis veces más elevados que los de los rayos gamma. De este modo, basta un rad o dos de radiación de neutrones para causar leucemia y cáncer. Exposiciones a sólo cinco rads pueden doblar la tasa de mutaciones en los descendientes de las personas expuestas. Si un solo neutrón colisiona con una hebra de ADN de una célula del espermatocito o de óvulo, es alta la probabilidad de daño genético irreparable a largo plazo. En otras palabras, la idea de que las armas de radiación intensiva son claramente benignas a la gente de "nuestro lado" resulta muy cuestionable. Tanto los combatientes como los no combatientes de la OTAN pueden sufrir graves daños. El riesgo para los no combatientes viene incrementado por el hecho de que las tierras orientales de Alemania Occidental están densamente urbanizadas.

El propio interés militar resulta cuestionable a un nivel más elemental. Excepto para los hombres que conducen los tanques, que se hallarían en las inmediaciones del lugar de explosión, el resto de tropas enemigas expuestas podría permanecer a salvo durante horas, días o incluso semanas; los soldados podrían combatir de un modo más agresivo que antes, puesto que tendrían la certeza de su próxima muerte por efecto de la radiación. Desde luego, la OTAN podría resolver este problema arrojando un mayor número de armas de radiación intensiva. Puesto que las ventajas alegadas a propósito de la bomba de radiación intensiva descansan, principalmente, en su capacidad de realizar impactos limitados, selectivos y precisos, este tipo de bombardeo masivo trunca de raíz la racionalidad del arma. Además, los neutrones que penetren en el blindaje no dejarían el tanque con la suficiente radiactividad como para evitar que otra tripulación reemplace a la anterior, víctima de la radiación. Los tanques podrían continuar avanzando.

El uso eficaz de esas armas presupone también una concentración masiva de tanques. Con todo, puede afirmarse con seguridad que las naciones de la OTAN no darían orden de fuego de armamento nuclear hasta que las naciones del Pacto de Varsovia no hubieran castigado y atravesado las defensas no nucleares de la OTAN. Aunque los rusos hubieran concentrado sus tanques en las fases iniciales de la ofensiva, podrían dispersar ciertamente sus fuerzas blindadas después de romper las defensas fronterizas de la OTAN. (Sus manuales de operaciones tácticas sugieren que esto es exactamente lo que harían.) Bajo estas condiciones deberían utilizar-

se muchos miles de bombas de radiación intensiva a fin de incapacitar inmediatamente a los ocupantes de un número significativo de tanques del Pacto de Varsovia, anulando de nuevo las alegadas virtudes de este tipo de bomba.

A pesar de su aparentemente mínima utilidad militar, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos justifica las bombas de radiación intensiva en los siguientes términos: "si los arsenales de la OTAN tuvieran la bomba de neutrones, los países enemigos tendrían en cuenta la capacidad de la OTAN para defenderse con menos pérdidas propias: esto *podría constituir* un medio disuasor de un posible ataque". Aunque el Departamento de Defensa no establece explícitamente que esta arma podría reforzar la disuasión, se entiende que los rusos tendrán en cuenta que la OTAN utilizará con mayor facilidad las armas de radiación intensiva que las antiguas bombas nucleares.

Este punto merece tres apostillas. (1) Incluso sin la amenaza de las armas de radiación intensiva, el riesgo que asumirían los rusos al iniciar un ataque sería sumamente elevado, puesto que los Estados Unidos se han negado firmemente a adoptar una política de reacción ante otro primer usuario del armamento nuclear. (2) El uso de las armas de radiación intensiva causaría grandes perjuicios a la OTAN, y nada digamos de los procedentes de la obvia respuesta nuclear soviética. (3) Aunque este tema resulta demasiado complejo para tratarlo aquí, no hay razón para pensar que la OTAN sea incapaz de defender Europa Occidental sin acudir a las armas nucleares. Los niveles de potencia de fuego convencional entre las naciones de la OTAN y las del Pacto de Varsovia son prácticamente equivalentes, y es una regla bien conocida que el atacante necesita una superioridad sustancial. La repetida superioridad de las naciones del Pacto de Varsovia en número de tanques viene contrarrestada por la ventaja que detenta la OTAN en armamento anticarro, especialmente después de las recientes innovaciones en municiones guiadas con precisión ("precision-guided munitions") y en vehículos por guía remota ("remote-guidance vehicles"). Estos dos nuevos tipos de armas tienen un alcance mayor que los cañones de los tanques rusos, y ambos pueden, según las palabras recogidas de un manual de campo del ejército norteamericano, "alcanzar lo que ven y matar lo que alcanzan".

El adiestramiento militar en la Unión Soviética y en los demás países de Europa Oriental es notoriamente pobre y extremadamente rígido. La confianza política de las divisiones checoslovacas y polacas, por lo menos en una guerra ofensiva, es dudosa. La táctica y la estrategia de los ejércitos del Pacto de Varsovia descansan pesadamente en el tanque, el cual se está convirtiendo en un sistema de armamento crecientemente vulnerable y obsoleto. Por otro lado, los numerosos escenarios de ataques por sorpresa que abundan en estos días no tienen en cuenta los bajos niveles de agilidad de las tropas del Pacto de Varsovia, los centenares de vías por las que los servicios de inteligencia pueden observar y detectar signos de movilización, la deficiente red logística rusa y otras muchas debilidades de la máquina de guerra soviética.

Esto no significa que no haya nada que mejorar en la OTAN. Varios emplazamientos incorrectos de fuerzas pueden corregirse; las líneas de comunicación pueden desplazarse hacia atrás, lejos del eje previsto del campo de batalla; podrían desplegarse más armas convencionales anticarro; los aeropuertos podrían estar más dispersos; podrían emplazarse más aviones en los lugares "endurecidos". Hay indicios de que la actual Administración de los Estados Unidos va a afrontar estos problemas. Y como quiera que algunos de estos puntos requieren gastos muy cuantiosos, parece descabellado asignar grandes sumas de dinero a estos fines al mismo tiempo que a la bomba de radiación intensiva.

Los costes de producción de las bombas de radiación intensiva serían enorme. El obús de ocho pulgadas costaría unos 900.000 dólares por unidad (incluyendo el coste del proyectil, la cubierta y todo lo demás). Para la versión en radiación intensiva del misil Lance se calcula un coste sólo ligeramente inferior. En lugar de adquirir dos andanadas de bombas de radiación intensiva para obuses de ocho pulgadas, los Estados Unidos podrían obtener, digamos, tres tanques de combate abierto de M-60, unas 50 armas anticarros no nucleares avanzadas, o más de 5500 andanadas de bombas convencionales de artillería. En otras palabras, si los Estados Unidos deciden invertir en armas de radiación intensiva, la OTAN adquirirá un arma extraordinariamente costosa que quizá nunca llegará a emplear, a expensas de armas más baratas en comparación que podrían mejorar notablemente su cuadro defensivo. En el supuesto de que los rusos dispersen sus tanques ampliamente y adopten ciertas medidas contra la radiación de neutrones, el armamento anticarro convencional resultaría probablemente más barato y de mayor eficacia militar.

Continúa siendo válido que la bomba de radiación intensiva puede hacer tanto daño a una fuerza atacante como otras bombas de mayor potencia sin provocar tanta destrucción colateral. Sin embargo, en contra de esta clara ventaja, deben tenerse en cuenta las graves consecuencias que puedan resultar de la introducción de armas nucleares en una guerra clásica. También podría argumentarse a favor de las bombas de radiación intensiva que, por tratarse de armas de una nueva generación, incluyen una serie de dispositivos modernos que mejoran los rendimientos de las anteriores.

Tendrían un alcance mayor (cerca de 130 kilómetros para la versión nueva del misil Lance), sistemas de comunicación de control y guía mejorados y mecanismos de mayor seguridad. Estos nuevos dispositivos tendrían un efecto estabilizador en el sentido de que harían menos vulnerables a las armas nucleares tácticas ante un ataque convencional del Pacto de Varsovia, y menos susceptibles de un disparo accidental. Tales dispositivos pueden incorporarse fácilmente a la generación actual de armas nucleares tácticas; la radiación intensiva no es necesaria para tales propósitos.

Particularmente peligrosa resulta la bomba de radiación intensiva en cuanto induce a creer erróneamente que su desarrollo hará posible una guerra nuclear limitada y controlada; en este sentido, su propio despliegue puede hacer bajar el umbral que separa la guerra clásica de la nuclear. Las armas de radiación intensiva no son más (y quizá sean menos) "humanas" que las armas químicas, cuyo primer uso fue proscrito hace tiempo por tratados internacionales. Además de poseer una escasa superioridad militar sobre cualquier otro tipo de bomba nuclear de baja potencia. Finalmente, en el supuesto de que la Unión Soviética crea que los Estados Unidos utilizarán armas de radiación intensiva en una guerra europea, su despliegue constituye una invitación a un ataque nuclear preventivo ruso en una situación extremadamente tensa, y quizá como primer movimiento bélico. En cualquier caso, no hay razón para creer que la bomba de radiación intensiva pueda disminuir de algún modo la probabilidad de escalada de una guerra nuclear en territorio europeo hacia una guerra nuclear total, ni que su introducción pudiera moderar de alguna manera la probable respuesta soviética.

Bibliografía

Los lectores interesados en una mayor profundización de los temas expuestos pueden consultar los trabajos siguientes:

ARMAS DE RADIACION INTENSIVA

THE EFFECTS OF NUCLEAR WEAPONS. Dirigido por Samuel Glasstone y preparado por el United States Department of Defense. Government Printing Office, 1977.

NUCLEAR POWER ISSUES AND CHOICES. Nuclear Energy Policy Study Group. Ballinger Publishing Company, 1977.

CUANDO EL MAR NEGRO SE DESECABA

HISTORY OF THE MEDITERRANEAN SALINITY CRISIS. Kenneth J. Hsü, Lucien Montadert, Daniel Bernoulli, Maria Bianca Cita, Robert E. Garrison, Robert B. Kidd y Frederic Mèlierés, Carla Müller y Ramil Wright en *Nature,* vol. 267, n.º 5610, págs. 399-403; 2 de junio de 1977.

INITIAL REPORTS OF THE DEEP SEA DRILLING PROJECT: Vol. 42, B. David A. Ross y Yu. Neprochnov. Government Printing Office, en prensa.

LA RADIACION COSMICA DE FONDO Y EL NUEVO MOVIMIENTO DEL ETER

THE FIRST THREE MINUTES: A MODERN VIEW OF THE ORIGIN OF THE UNIVERSE. Steven Weinberg. Basic Books, Inc., 1977.

DETECTION OF ANISOTROPY IN THE COSMIC BLACKBODY RADIATION. George F. Smoot; Marc V. Gorenstein y Richard A. Muller en *Physical Review Letters,* vol. 39, págs. 898-901; 1977.

RADIOMETER SYSTEM. Marc V. Gorenstein, Richard A. Muller, George F. Smoot y J. Anthony Tyson en *Review of Scientific Instruments,* vol. 49, n.º 4, págs. 440-448; abril, 1978.

EL NUCLEOSOMA

CELL AND MOLECULAR BIOLOGY. An appreciation. Eugene Ronseberg. Holt Rinehart & Winston, Inc., N.Y. 1971.

REFLECTIONS ON BIOCHEMISTRY. A. Kornberg, B.L. Horecker, L. Cornudella y J. Oró. Pergamon Press, 1976.

DIFFERENTIAL NUCLEASE ACTION ON NUCLEI & CHROMATIN FROM DEVELOPING GERM CELLS OF THE ECHINODERM *Holothuria tubulosa.* E. Rocha y L. Cornudella en *Biochem. Biophys. Res. Commun.,* vol. 68, n.º 4, págs. 1073-1081; febrero, 1976.

CAMBIOS EN LA ESPERMATOGENESIS Y DISTRIBUCION DE RIBOSOMAS EN EL EQUINODERMO *Holothuria tubulosa.* Luis Cornudella en *Avances de la Bioquímica,* eds. L. Cornudella, C.F. de Heredia, J. Oró y A. Sols. Salvat Editores, S.A., págs. 39-50, 1977.

EL SISTEMA DE APAREAMIENTO DE LEK DEL GALLO DE LAS ARTEMISAS

THE STRUT DISPLAY OF MALE SAGE GROUSE: A "FIXED" ACTION PATTERN. R. Haven Wiley en *Behaviour,* vol. 47, n.º 1 y 2, págs. 129-152; 1973.

EVOLUTION OF SOCIAL ORGANIZATION AND LIFE-HISTORY PATTERNS AMONG GROUSE. R. Haven Wiley en *Quarterly Review of Biology,* vol. 49, n.º 3, págs. 201-227; septiembre, 1974.

EL PRINCIPIO DE ADYACENCIA EN LA PERCEPCION VISUAL

VECTOR ANALYSIS IN VISUAL PERCEPTION OF ROLLING MOTION: A QUANTITATIVE APPROACH. Gunnar Johansson en *Psychologische Forschung,* vol. 36, n.º 4, págs. 311-319; 1974.

LOCAL AUTONOMY IN VISUAL SPACE. Walter C. Gogel y D.H. Mershon en *Scandinavian Journal of Psychology,* vol. 18, págs. 237-250; 1977.

UNIONES INTERCELULARES

CELL COMMUNICATION. Dirigido por R. P. Cox. John Wiley & Sons, Inc., 1974.

STRUCTURE AND FUNCTION OF INTERCELLULAR JUNCTIONS. L. Andrew Staehelin en *International Review of Cytology,* vol. 39, págs. 191-283; 1974.

FUNCTIONAL SIGNIFICANCE OF THE VARIATIONS IN THE GEOMETRICAL ORGANIZATION OF TIGHT JUNCTION NETWORKS. Barbara E. Hull y L. Andrew Staehelin en *The Journal of Cell Biology,* vol. 68, n.º 3, págs. 688-704; marzo, 1976.

GAP JUNCTION STRUCTURES, I: CORRELATED ELECTRON MICROSCOPY AND X-RAY DIFFRACTION. D. L. D. Caspar, D. A. Goodenough, Lee Makowski y W. C. Phillips en *The Journal of Cell Biology,* vol. 74 n.º 2, págs. 607-628; agosto, 1977.

TECNOLOGIA HIDRAULICA ROMANA

POWER. R. J. Forbes en *Studies in Ancient Technology: Vol. 2.* E. J. Brill, Leiden, 1955.

ROMAN DAMS IN TRIPOLITANIA. C. Vita-Finzi en *Antiquity,* vol. 35, págs. 14-20; 1961.

THE AQUEDUCTS OF ANCIENT ROME. Thomas Ashby, editado por I. A. Richmond. Clarendon Press, 1971.

MAN AND WATER: A HISTORY OF HYDRO-TECHNOLOGY. Norman Smith. Charles Scribner's Sons, 1975.

JUEGOS MATEMATICOS

EXPONENTIAL NUMBERS. Eric T. Bell en *The American Mathematical Monthly,* vol. 41, n.º 7, págs. 411-419; agosto-septiembre, 1934.

SOLUTION TO PROBLEM E 461. H. W. Becker en *The American Mathematical Monthly,* vol. 48, n.º 10, págs. 701-703; diciembre, 1941.

THE NUMBER OF PARTITIONS OF A SET. Gian-Carlo Rota en *The American Mathematical Monthly,* vol. 71, n.º 5, págs. 498-504; mayo, 1964.

THE THEORY OF PARTITIONS. George E. Andrews en *Encyclopedia of Mathematics and Its Applications: Vol. 2,* dirigido por Gian-Carlo Rota. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Advanced Book Program, 1976.

TALLER Y LABORATORIO

NATURAL AERODYNAMICS, R. S. Scorer. Pergamon Press, 1958.

GENERAL METEOROLOGY. Horace R. Byers. McGraw-Hill Book Company, 1959.

THE BEHAVIOUR OF CHIMNEY PLUMES. R. S. Scorer en *International Journal of Air Pollution,* vol. 1, n.º 3, págs. 198-220; enero, 1959.

SOME RESTRICTIVE METEOROLOGICAL CONDITIONS TO BE CONSIDERED IN THE DESING OF STACKS. Eugene W. Bierly y E. Wendell Hewson en *Journal of Applied Meteorology,* vol. 1, n.º 3, págs. 383-390; septiembre, 1962.